

Karakterisasi Komposit Selulosa Bakteri – Ekstrak Daun Kacapiring (*Gardenia Jassminoides* J.Ellis) dengan Penambahan *Crosslinker*

Muhammad Iqbal¹, Elsa Yuniarti², Ali Amran³, Ananda Putra^{4*}

^{1,3,4}Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
Jln. Prof. Dr.Hamka Air Tawar Padang, Indonesia 25131

²Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
Jln. Prof. Dr.Hamka Air Tawar Padang, Indonesia 25131

*anandap@fmipa.unp.ac.id

Abstract — Bacterial cellulose (BC) can be applied in various fields such as biomedical, separation membranes, artificial blood vessels, and substrates for cartilage tissue engineering. Bacterial cellulose still has low mechanical properties, so a bacterial cellulose composite was formed with Gardenia Leaf Extract (CBC-GLE) to obtain higher mechanical properties. The purpose of this study was to determine the effect of adding crosslinker starch 1,2 and 3% soaked with CBC-GLE to form (CBC-GLEC) by knowing the mechanical, physical, and structural properties of (CBC-GLEC). Bacterial cellulose is produced from a mixture of coconut water, sugar and urea. Then fermented with *Acetobacter Xylinum* for 14 days. Bacterial cellulose was composited with gardenia leaf extract and was called the bacterial cellulose-gardenia leaf extract composite (CBC-GLE). BC, CBC-GLE and CBC-GLEC were characterized by testing water content, tensile strength, compressive strength, structural analysis using FTIR and degree of crystallinity using XRD. The addition of Crosslinker can reduce the percentage of water content of CBC-GLEC 3% with a value of 90.73%, CBC-GLE 95.69% and BC 99.21%. The best tensile strength test results were the addition of crosslinked amilum starch with a concentration of 3% (CBC-GLEC) with a value of 121.45 MPa, CBC-GLE 49.81 MPa and BC 32.09 MPa. The best compressive strength test results were the addition of starch crosslinker with a concentration of 3% (CBC-GLEC) with a value of 4.38 mm, CBC-GLE 3.42 mm and BC 2.65 mm. The results of the FTIR spectrum showed that the functional groups contained in cellulose only experienced a shift, while the results of the analysis of the degree of crystallinity showed that the percentage of the degree of crystallinity of BC was 75.47%, CBC-GLE 94.42 %, CBC-GLEC starch 3% was 67.26 %

Keywords — Bacterial Cellulose, Composite, Crosslinker, Gardenia Leaf Extract, Starch,

I. PENDAHULUAN

Selulosa adalah biopolimer yang banyak ditemui di alam yang bersifat biodegradabel, hidrofilik yang dapat diaplikasikan dalam kimia modifikasi [1]. Di alam, selulosa banyak diperoleh seperti hewan, tumbuhan dan bakteri [2]. Selulosa yang paling banyak ditemukan di alam adalah tumbuhan, tetapi sifat pada selulosa tumbuhan belum maksimal dan kurang murni karena jumlah hemiselulosa dan lignin yang tinggi [3]. Selain selulosa tumbuhan, selulosa bakteri juga banyak ditemukan di alam yang dihasilkan oleh mikroba [4].

Sifat yang dimiliki oleh selulosa bakteri (SB) adalah kristalinitas, kemurnian yang baik, porositas tinggi, sifat mekanik, mudah untuk terurai, dan tidak menimbulkan alergi [5]. Berdasarkan sifat unik yang dimiliki oleh SB inilah dapat diaplikasikan di beberapa bidang medis, seperti pembalut luka

dan pemodelan jaringan tulang rawan [6]. SB juga memiliki sifat unik lain dalam hal perawatan baik di dalam dan luar tubuh seperti perawatan penyakit ginjal, substitusi sementara perawatan luka bakar, dan diimplantkan sebagai benang jahit untuk pembedahan pada manusia [7].

Pemanfaatan Selulosa bakteri dalam ilmu biomedis memiliki kelemahan dan kendala yaitu kurangnya sifat elastisitas. Selulosa bakteri yang awalnya ditekan menggunakan jari, air yang berada di dalam gel keluar tetapi gel tidak dapat kembali bentuknya seperti semula. Hal ini karena modulus tekannya rendah, meskipun kekuatan tarik seluruh arah lapisan serat yang tinggi [8]. Berdasarkan kelemahan dan kekurangan dari selulosa bakteri tersebut, dilakukan suatu penelitian untuk meningkatkan elastisitas tinggi yaitu menggabungkan SB dengan bahan lain menjadi material yang baru yang disebut dengan komposit [9].

Komposit adalah gabungan dari dua atau lebih material yang berbeda menjadi material yang baru secara fisika dan mekanik, dan komposisi kimia yang ada didalam komposit selulosa bakteri tersebut tidak saling melarutkan dan menjadikan material baru ini baik. Material penyusun komposit pada umumnya terdiri dari dua unsur yaitu matriks dan penguat (filler) [10].

Bunga kaca piring dikenal dengan nama biomial *Gardenia jassminoides* J.Ellis, mempunyai aroma yang harum dan khas [11]. Kandungan kimia dalam daun kaca piring adalah senyawa flavonoida, saponin, iridoid glikosida dan minyak atsiri [12]. Daun kaca piring mempunyai komponen yang dapat membentuk gel, berwarna hijau tua, mengandung klorofil yang merupakan pigmen alami tanaman tingkat tinggi [13]. Dalam hal ini, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tersebut dengan melakukan penambahan *crosslinker* pada komposit SB-EDKP dengan penggunaan sinar UV.

Komposit yang dibuat pada penelitian ini berasal dari SB dan ekstrak daun kaca piring. Pada penelitian yang dilakukan [14] didapatkan sifat mekanik dan efektifitas yang masih rendah dan belum bisa memenuhi standar terutama untuk tulang rawan. Agar komposit dari KSB-EDKP memiliki efektifitas yang baik dalam pengaplikasiannya maka dicampurkan dengan *crosslinker*. *Crosslinker* dapat membentuk ikatan silang dan pada molekul lain dapat menarik gugus fungsional tertentu. Dapat berupa ikatan kovalen atau ikatan ion pada ikatan silang. *Crosslinker* yang biasa digunakan yaitu suatu senyawa yang banyak mengandung gugus -OH atau -NH₂ [15]. *Crosslinker* dapat berasal dari bahan alami dan sintetis.

Crosslinker yang digunakan yaitu larutan tepung tapioka 1,2 dan 3%. Penelitian yang telah dilakukan [16] dari ketiga tepung yang digunakan (terigu, beras dan tapioka), nilai kuat tarik dan elastisitas dari Komposit Selulosa Bakteri Ekstrak Lidah Buaya (KSB-ELB) yang ditambah larutan tepung tapioka memiliki nilai paling tinggi. Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas [17]. Fraksi terlarut disebut amilosa dan fraksi yang tidak terlarut disebut amilopektin.

Kadar amilosa berpengaruh terhadap karakteristik dan sifat mekanik dari sampel uji, karena struktur amilosa memungkinkan pembentukan ikatan hidrogen antarmolekul glukosa penyusunnya dan selama pemanasan mampu membentuk jaringan tiga dimensi yang dapat memerangkap air sehingga menghasilkan gel yang kuat sehingga memperkuat ikatan antara matriks dan filler

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh penambahan variasi *crosslinker* 1,2 dan 3% yang direndam dengan KSB-EDKP terhadap sifat fisika (kandungan air), sifat mekanik (uji kuat tekan dan uji kuat tarik) dan struktur (analisa gugus fungsi dan persen kristalinitas) yang dihasilkan.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Alat

Peralatan yang digunakan pada preparasi dan karakterisasi dari KSB-EDKP 1,2 dan 3% ini adalah: peralatan gelas (labu ukur 1000 mL, gelas kimia 2000 mL, gelas ukur 100 mL), batang pengaduk, corong, spatula, kaca arloji, neraca analitik, pH meter, shaker (modifikasi LaMaS), lampu UV merek Samsung, blender (phillips), Compressive Strength (Outside Micrometer 0-25×0.01 mm) merek Tricle Brand dan Tensile Strength (Buchel B.V Horizontal Tensile Tester model No. K465 dengan item 84- 58-00-0002 range 500N, 230V-50Hz), kaca, Fourrier Transform Infra Red (PerkinElmer), XRD (Lab. Fisika UNP) XPERT PRO PANalytical PW30/40 Tahun 2012 produksi Nederland Belanda panjang gelombang 0.154 Amstrong, anoda Copper, tegangan 40 kV arus 30 mA, scan step 0.02 derajat sudut difraksi 10 s.d 100 derajat, setrika (sanyo) dan wadah plastik, panci stainless steel, kompor, pisau, gunting, penyaring, kain, plastik, kain lap, koran, karet gelang, tisu dan kertas label.

B. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian pembuatan SB adalah air kelapa (diperoleh dari Pasar Banda Aia, Sumatera Barat), pupuk urea CO(NH₂)₂ non subsidi (diproduksi PT. PUSRI Palembang), C₆H₁₂O₆ diperoleh dari merek Sumber Jaya, asam cuka CH₃COOH (diproduksi oleh Mutiara Baru), starter *A. xylinum* (diperoleh dari Usaha Pada Industri Kecil Nata De Coco "Lima Bersaudara" jalan Payakumbuh III Kec. Nanggalo Kota Padang, NaOH teknis (diproduksi PT. Brataco Bandung), aquades dan air.

Bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan KSB-EDKP 1,2 dan 3% adalah air kelapa (diperoleh dari Pasar Banda Aia, Sumatera Barat), pupuk urea CO(NH₂)₂ non subsidi (diproduksi PT. PUSRI Palembang), C₆H₁₂O₆ merek Sumber Jaya, Daun Kaca Piring (EDKP) diperoleh dari daerah Pasir Jambak Kelurahan Pair Nan Tigo Kecamatan Koto Tangah Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat, asam cuka CH₃COOH (diproduksi oleh Mutiara Baru), starter *A. Xylinum* diperoleh dari Usaha Pada Industri Kecil Nata De Coco "Lima Bersaudara" jalan Payakumbuh III Kec. Nanggalo Kota Padang, Tepung Tapioka diperoleh dari Toko Barkat Jalan Bandar Olo No.46, Kampung Jao, Olo, Kec. Padang Bar., Kota Padang, Sumatera Barat, NaOH teknis (diproduksi PT. Brataco Bandung), aquades dan air.

1. Preparasi SB

Kedalam Panci stainless steel 600 ml air kelapa dipanaskan dan ditambahkan 60 gram C₆H₁₁O₆ dan 6 gram CO(NH₂)₂. Larutan ini dipanaskan sampai mendidih kemudian tambahkan CH₃COOH (± 12 mL) sampai pH 4-4,3. Larutan tersebut dalam keadaan panas dipindahkan ke wadah plastik yang berukuran 24 cm x 17 cm x 4 cm sebanyak 600 mL [20], kemudian ditutup dengan kertas koran yang telah disterilkan. Media tersebut dibiarkan hingga suhu ± 28 °C (suhu kamar), ditambahkan 10 % v/v starter *A. xylinum* secara aseptik. Difermentasi pada suhu kamar sampai terbentuk SB dengan ketebalan ±1-2 cm. Setelah SB terbentuk SB tersebut dapat dipanen.

2. Pencucian dan Pemurnian Selulosa Bakterial

Selulosa bakteri kemudian dilakukan proses pencucian dan pemurnian dengan air mengalir selama 24 jam. Kemudian dimurnikan dengan merendam SB kedalam larutan NaOH 2% selama 24 jam. Setelah perendaman, SB kemudian dicuci kembali dengan air mengalir dan kemudian SB disimpan sampai SB siap digunakan. SB dalam penyimpanan dilakukan dengan cara merendam SB didalam air dan diganti 1× 24 jam.

3. Ekstrak Kaun Kaca Piring (EDKP)

Menimbang 100 Gram daun kaca piring yang akan diekstrak. Bersihkan dan cuci daun dengan air. Setelah bersih, tambahkan air sebanyak 2500 mL. Daun kemudian di blender ±5 menit hingga daun tercampur dan dihasilkan ekstrak daun kaca piring (EDKP). EDKP yang dihasilkan disaring menggunakan kain penyaring. Filler digunakan untuk Preparasi KSB-EDKP yang dihasilkan dari filtrat yang dilakukan.

4. Perendaman SB dengan Ekstrak Daun Kacapiring (EDKP)

SB yang telah dimurnikan dipotong dengan ukuran 15x2x1cm dan 2x2x1 cm direndam dalam EDKP dengan variasi waktu perendaman yaitu 1,2,3 dan 4 hari pada suhu ±28 °C (suhu kamar). Selama proses perendaman sampel digoyang menggunakan shaker dan penggunaan dengan sinar UV. Setiap hari KSB-EDKP diambil secara aseptik dan dibersihkan menggunakan tisu. KSB-EDKP tersebut dapat digunakan untuk karakterisasi selanjutnya.

5. Perendaman KSB-EDKP dengan Crosslinker Amilum 1,2 dan 3%

KSB-EDKP yang telah didapatkan selanjutnya direndam Kembali dengan larutan tepung tapioka dengan beberapa variasi konsentrasi yaitu 1,2 dan 3 % (100 mL aquades). selama 3 hari dengan menggunakan sinar UV dan dishaker. Setelah dilakukan perendaman maka didapatkan hasil KSB-EDKPC Amilum 1,2 dan 3 %, Kemudian KSB-EDKPC Amilum 1,2 dan 3% dibersihkan permukaannya dengan tisu dan dilakukan uji sifat mekanik dan karakteristiknya.

6. Karakterisasi KSB-EDKP

a. Karakterisasi Sifat Fisika (kandungan air water content)

SB, KSB-EDKP dan KSB-EDKPC 1,2 dan 3% yang dihasilkan dibersihkan dengan tisu dan ditimbang berat awalnya (Wb) menggunakan neraca analitis. Sampel diletakkan diatas tisu dan dipress menggunakan kaca. Setelah itu, sampel dimasukkan kedalam oven pada suhu 105 °C hingga sampel kering dan ditimbang kembali berat keringnya (Wk) sampai konstan.

$$Wc(\%) = \frac{Wb - Wk}{Wb} \times 100\%$$

Dimana: Wc = Water content (kandungan air) (%),

Wb = Berat basah, dan

Wk = Berat kering

b. Karakterisasi Sifat Mekanik

1) Uji Kuat Tarik (Tensile Strength)

SB, KSB-EDKP dan KSB-EDKPC 1,2 dan 3% dipotong dengan ukuran 15x2x1 cm. Kemudian sampel ditempatkan diatas kaca dipress dan disetrika hingga terbentuk lembab dan tipis. dan dimasukkan kedalam oven pada suhu 105 °C untuk dikeringkan. Setelah kering, sampel ditempatkan diantara sample clamp pada alat (Tensile Strenght). Operasikan alat hingga sample putus. Hasil besarnya nilai kuat tarik (MPa) dan nilai strain dan modulus elastisitas (MPa) pada hasil program pada monitor. untuk memutuskan sample akan terlihat dialat monitor.

2) Uji Kuat Tekan (Compressive Strenght)

SB, KSB-EDKP dan KSB-EDKPC 1,2 dan 3% dipotong dengan ukuran (2×2×1 cm) untuk menentukan dan menguji kuat tekan sampel. Sampel diukur ketebalan awal sebelum dipress dengan menggunakan mikrometer sekrup (mm). Sample dipress dengan menggunakan anak timbangan 1 Kg. Sampel diletakkan pada bidang datar dan diberi beban pada anak timbangan dengan waktu 1 menit, setelah dilakukan pemberian beban selanjutnya diukur kembali ketebalannya, selilish ketebalan sampel awal dan akhir adalah hasil dari pengujian kuat tekan sampel.

c. Analisis Gugus fungsi dan Kristalinitas

1) Analisa Gugus Fungsi (FTIR)

Sample SB, KSB-EDKP dan KSB-EDKPC 3% yang digunakan untuk analisis gugus fungsi adalah sampel kering berukuran (2×2×1 cm) yang telah dikeluarkan dari oven dan dianalisis menggunakan FTIR (Fourier Transform Infra Red). Sebelum preparasi dilakukan holder dibersihkan terlebih dahulu menggunakan CH₂OH, kemudian sampel uji diletakkan diatas cell holder. Pilih opsi untuk menyimpan data pada komputer, masukkan nama file dan simpan dalam folder. Pindai bilangan gelombang dari 4000-400 cm⁻¹. Spektrum akan terlihat pada monitor untuk melihat gugus fungsi hubungan antara bilangan gelombang dengan intensitas.

2) Analisa Kristalinitas (XRD)

Sampel SB, KSB-EDKP dan KSB-EDKPC 3% diuji kristalinitas dengan menggunakan X-Ray Diffraction (XRD). Sampel dipotong dengan ukuran (2×2×1 cm) berupa sampel kering yang masing-masingnya telah dikeluarkan dari oven dan kemudian dipotong sesuai ukuran cell holder. Sampel yang telah dipotong kemudian diletakkan diatas holder dan siap untuk diuji. Pilih opsi untuk menyimpan data pada komputer, masukkan nama file dan simpan dalam folder. Untuk menentukan derajat kristalinitas dari SB, KSB-EDKP dan KSB-EDKPC 3% dilayar monitor akan tampil difaktogram yang didapatkan. Perhitungan Persentase derajat kristalinitas ini dihitung secara manual yaitu perbandingan % intensitas paling tinggi dikurang % intensitas paling rendah dan dibagi dengan %intensitas paling tinggi dan dikali 100% pada hasil di height [cts].

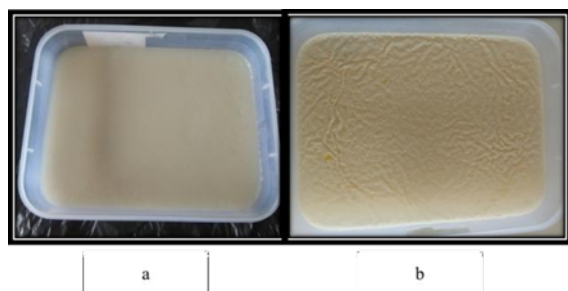
$$\% \text{ kristalinitas} = \frac{\text{height [cts]} - \text{low [cts]}}{\text{height [cts]}} \times 100\%$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Preparasi SB

Dari hasil penelitian, didapatkan SB yang berwarna putih kekuningan. Waktu fermentasi yang dibutuhkan untuk menghasilkan SB dengan ketebalan ± 1 cm ± 15 hari. Pada proses fermentasi, bakteri *A. xylinum* akan menghasilkan serat-serat selulosa pada permukaan cairan. Proses pertumbuhan SB ini dari permukaan medium diikuti pertumbuhan jaringan dibawahnya medium fermentasi yang lama kelamaan akan menghasilkan lapisan selulosa yang semakin tebal.

Dalam proses pembuatan SB dapat terjadi kegagalan yang disebabkan oleh kontaminasi dan ketidak sterilan. Selain kurang steril pengaruh lainnya adalah starter *A. xylinum* yang telah sering diturunkan sehingga mengakibatkan starter tersebut lemah sehingga sulit untuk membentuk ikatan-ikatan hidrogen. SB yang diperoleh dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. (a) SB yang terbentuk dengan ketebalan ± 1 cm, (b) SB yang terkontaminasi dan permukaan SB tidak rata.

B. Pemurnian dan Pencucian SB

SB yang dihasilkan selama fermentasi berwarna kekuningan. Warna kekuningan ini disebabkan terperangkapnya medium diantara serat-serat SB yang terbentuk. Untuk menghilangkan sisa-sisa medium, SB direndam menggunakan air yang mengalir ± 24 jam. Selanjutnya untuk menghilangkan dan memurnikan SB dari pengotor-pengotor dimurnikan dengan cara direndam dalam larutan NaOH 2% pada suhu kamar selama ± 24 jam. Jika terdapat bakteri yang tersisa pada SB, SB akan terdegradasi akibat dikonsumsi oleh bakteri sehingga SB berlobang, rusak dan menimbulkan bau. Perendaman SB menggunakan NaOH bertujuan untuk meningkatkan kemurnian dari selulosa yang dihasilkan sehingga hubungan antar rantai dalam selulosa semakin kuat melalui ikatan hidrogen antar rantai sehingga struktur selulosa menjadi lebih rapat.

Perendaman menggunakan larutan NaOH pada suhu kamar juga menyebabkan pengikisan pada lapisan bawah SB yang masih lunak, sehingga ketebalan SB akan berkurang. Bagian bawah dari SB memiliki struktur yang lunak hal ini

disebabkan karena pada bagian bawah SB masih mengandung sisa-sisa nutrisi dan bakteri *A. xylinum*. Setelah direndam dalam larutan NaOH 2%, sisa-sisa nutrisi (komponen non selulosa) dan sisa bakteri menjadi hilang, hal ini dapat dilihat dengan berkurangnya ketebalan SB dari semula.

C. Preparasi Ekstrak Daun Kaca Piring (EDKP)

Preparasi ekstrak daun kaca piring berawal dari pembersihan daun yang akan diekstrak, kemudian menimbang 100 Gram daun kaca piring yang akan diblender dengan penambahan air sebanyak 2500 mL (1:25), hasil ekstrak daun kacapiring didapatkan berwarna hijau pekat dengan adanya buih2 diatas gel. Hasil ekstrak EDKP dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Ekstrak Daun Kaca Piring (EDKP)

D. Preparasi KSB-EDKP

Berdasarkan gambar 1 dapat dilihat bahwa SB memiliki warna putih. SB yang telah direndam dalam EDKP akan menghasilkan KSB-EDKP yang berwarna hijau tua. Preparasi KSB-EDKP ini dibuat dengan merendam SB dengan EDKP dengan menggunakan shaker dan sinar UV dengan Panjang gelombang 380-315 selama 4 hari. KSB-EDKP dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. KSB-EDKP

E. Perendaman KSB-EDKP dengan Crosslinker Amilum 1,2 dan 3%

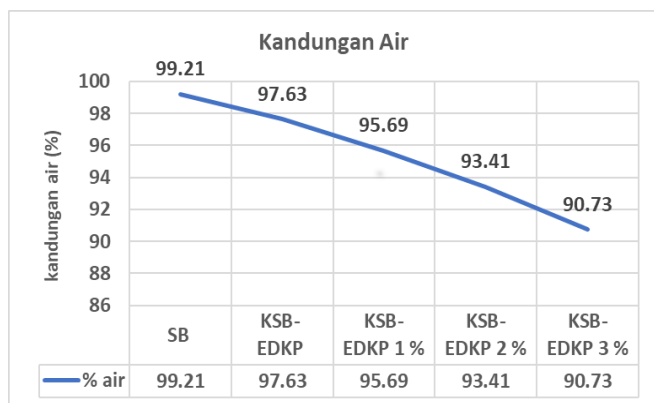
Crosslinker dapat dianalogikan sebagai penghubung antara matriks dengan filler, sehingga yang pada awalnya filler didalam matriks hanya terabsorpsi secara fisika kini menjadi terikat karena dihubungkan oleh crosslinker. Perendaman KSB-EDKP dalam crosslinker ini diharapkan dapat meningkatkan sifat mekanik dari KSB-EDKPC. produk KSB-EDKPC yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. KSB-EDKPC

F. Uji Kandungan Air (water content)

Pengaruh perendaman SB dalam EDKP terhadap kandungan air dapat dilihat pada gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5. Uji Kandungan Air

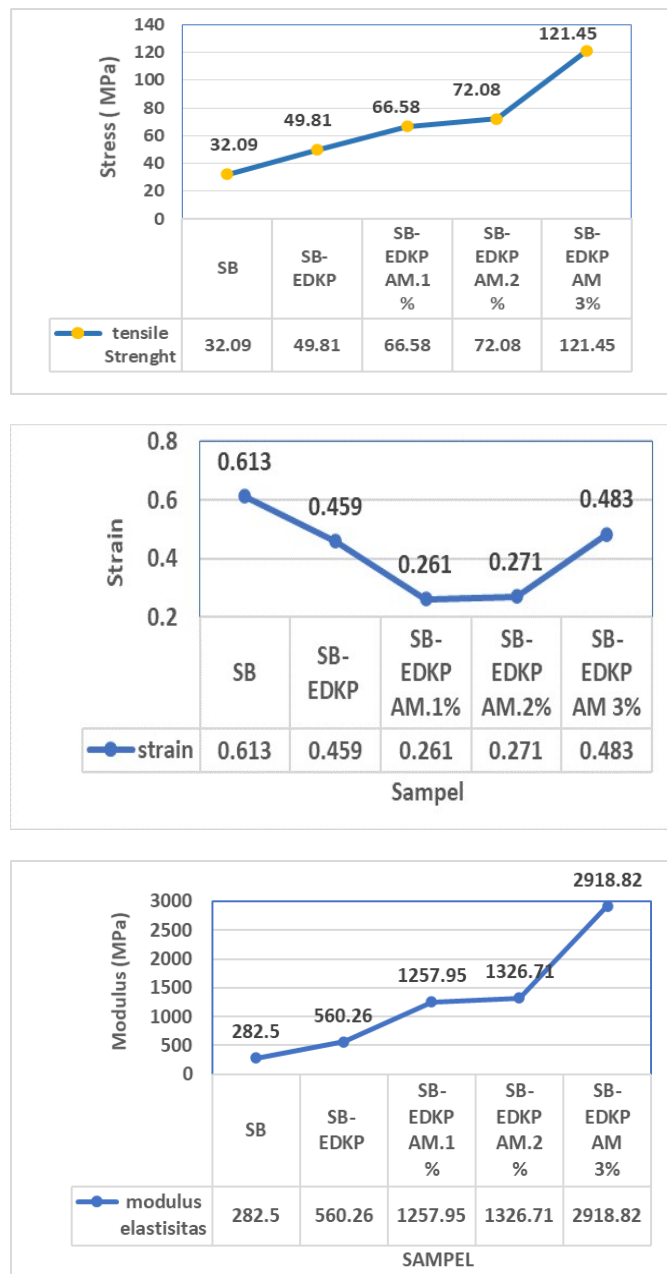
Persentase kandungan air SB yang dihasilkan pada penelitian yaitu 99,21%. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan [6] dan [16] bahwa SB memiliki persentase kandungan air yang lebih dari 90%. Selulosa bakterial merupakan material yang memiliki sifat penyerapan yang tinggi, sehingga SB memiliki persentase kandungan air yang lebih tinggi dari total beratnya.

Persentase kandungan air KSB-EDKP lebih kecil dibandingkan dengan SB yaitu sebesar 97,63%. Hal ini disebabkan oleh air yang mengisi pori-pori SB digantikan oleh EDKP yang disebut dengan proses absorpsi fisika. kandungan air KSB-EDKP yang telah direndam dalam crosslinker Amilum 1,2 dan 3 % masing-masingnya mengalami penurunan setiap ditambahkan konsentrasinya. Pada konsentrasi 1 % yaaitu 95,69 %, konsentrasi 2 % 93,41 % dan konsentrasi 3 % 90,73 %. Penambahan konsentrasi crosslinker pada KSB-EDKP dapat menurunkan kandungannya, sehingga diharapkan dapat memperkuat sifat mekanik dari KSB-EDKPC.

G. Uji Kuat Tarik (Tensile Strength)

Nilai kuat tarik merupakan gaya tarik maksimum yang diberikan pada suatu material hingga material tersebut putus. Pengujian kuat tarik ini akan menentukan kualitas dari SB, KSB-EDKP dan KSB-EDKPC 1,2 dan 3%. Semakin tinggi nilai kuat tariknya maka akan semakin bagus kualitas dari sampel uji tersebut. Nilai kuat tarik ini dipengaruhi oleh regangan (strain) yang dimiliki setiap sampel uji. Nilai

regangan merupakan perbandingan perubahan panjang sampel terhadap panjang mula-mula. Semakin besar perubahan panjang sampel, maka semakin besar nilai regangan dan akan semakin kecil nilai kuat tarik sampel tersebut. Sedangkan nilai elastisitas suatu material berbanding lurus dengan nilai kuat tariknya. Semakin besar nilai kuat tarik maka semakin besar pula nilai elastisitas material tersebut. Hasil kuat Tarik dapat dilihat pada gambar 6 dibawah ini.



Gambar 6. (a) (Stress) kuat tarik, (b) (strain) regangan sampel, dan (c) elastisitas sampel

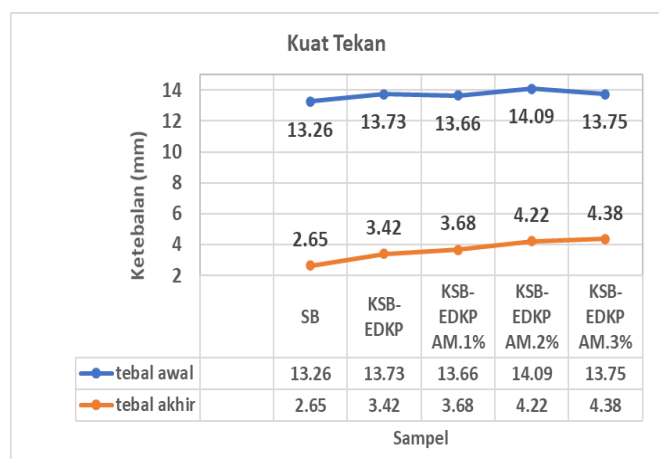
Pada gambar (a) dapat dilihat nilai kuat tarik (stress) dari sampel. Nilai kuat tarik KSB-EDKP lebih tinggi daripada SB yaitu masing-masing sebesar 49,81 MPa dan 32,09 MPa. Sedangkan KSB-EDKP yang ditambahkan crosslinker yaitu

tepung tapioka dengan konsentrasi 1,2 dan 3 % memiliki nilai kuat tarik lebih besar. KSB-EDKP yang direndam dalam larutan tepung tapioka 1% memiliki nilai kuat Tarik sebesar 66,58 MPa, larutan tepung tapioka 2% memiliki nilai kuat tarik sebesar 72,08 MPa, pada larutan tepung tapioka 3% mengalami peningkatan yang signifikan dibandingkan larutan tepung taipoka 2% yaitu memiliki nilai kuat Tarik sebesar 121,45 MPa. Hal ini dapat membuktikan bahwa penambahan KSB-EDKP dan KSB-EDKP larutan tepung tapioka 1,2 dan 3% dapat mempengaruhi sifat mekanik dari selulosa bakteri.

Penelitian ini dapat dikatakan bahwa penambahan ekstrak daun kaca piring dan penambahan crosslinker 1,2 dan 3% mengalami peningkatan, dimana pengujian kuat Tarik terhadap KSB-EDKP crosslinker 3% merupakan crosslinker yang paling bagus. Dimana, nilai kuat tarik dan elastisitas dari KSB-EDKP yang ditambah larutan tepung tapioka memiliki nilai paling tinggi.

H. Uji Kuat tekan (Compressive Strength)

Kuat tekan merupakan kemampuan suatu material untuk menerima beban atau gaya tekan persatuan luas. Semakin tinggi kekuatan sampel yang diinginkan, maka semakin tinggi pula mutu sampel yang dihasilkan. Hasil kuat tekan dapat dilihat pada gambar 7.

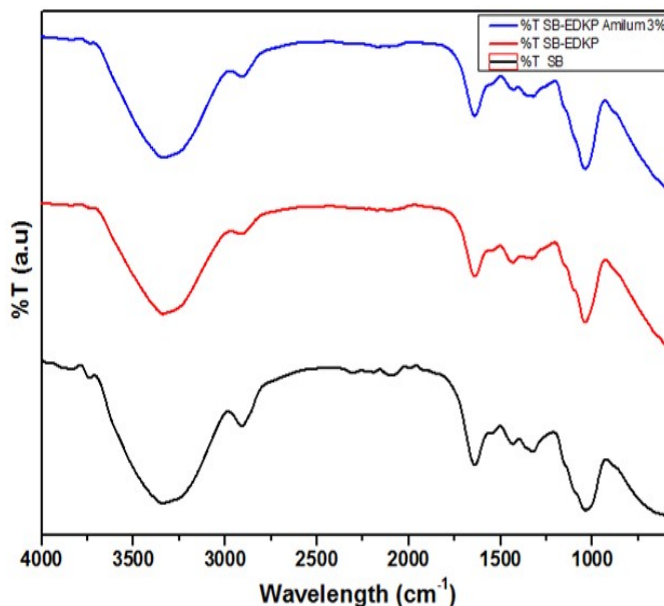


Gambar 7. Uji Kuat Tekan

Dari pengujian yang telah dilakukan terhadap sampel uji kuat tekan dengan melihat perbandingan fisika dari KSB-EDKP yang ditambahkan crosslinker amilum tidak bedah jauh dengan KSB-EDKP. Dimana ketika ditekan menggunakan jari, sampel tidak robek namun hanya menjadi pipih saat air didalamnya keluar. Dari ketiga perbedaan konsentrasi crosslinker yang digunakan, KSB-EDKP dengan larutan tepung tapioka 3% merupakan sampel dengan kekuatan yang lebih tinggi dari dua crosslinker lainnya. Hal ini dapat dilihat dan dirasakan Ketika ditekan menggunakan jari, semakin tinggi konsentrasi crosslinker amilum yang diberikan kepada sampel maka kekuatan tekan yang diberikan semakin tinggi juga.

I. Analisa Gugus fungsi menggunakan FTIR

Analisis gugus fungsi dari selulosa bakterial ini menggunakan sprektrofotometer FTIR. Spektrum FTIR untuk analisis struktur selulosa dibaca pada rentang bilangan gelombang 4000-600 cm-1. Sampel yang digunakan yaitu SB, KSB-EDKP dan KSB-EDKPC larutan tepung tapioka 1,2, dan 3 %. Hasil spektrum FTIR kemudian di analisis secara kualitatif untuk mengetahui gugus fungsi dari sampel. Gambar 8. menunjukkan sprektum FTIR dari sampel.



Gambar 8. Spektrum FTIR

Menurut [18] vibrasi selulosa terletak pada bilangan gelombang 3100-3800 cm-1 (O-H), dan 2901 cm-1 (C-H). Sedangkan C-O-C pada bilangan gelombang 1163 cm-1 dan 1068 cm-1 [19]. Table.1 dapat diketahui penelitian ini sudah mendekati dengan hasil penelitian sebelumnya yaitu [14] dan [16] dimana SB, KSB-EDKP dan KSB-EDKPC 3% menunjukkan serapan O-H pada vibrasi bilangan gelombang 3550-3200 cm-1, dan serapan C-O (ikatan β-glikosidik) sekitar 1500-1000 cm-1. Tabel 1 menunjukkan gugus fungsi dan bilangan gelombang dari SB, KSB-ELB, dan KSB-EDKP larutan tepung tapioka 3%

TABEL 1
VIBRASI BILANGAN GELOMBANG PADA MASING-MASING GUGUS FUNGSI

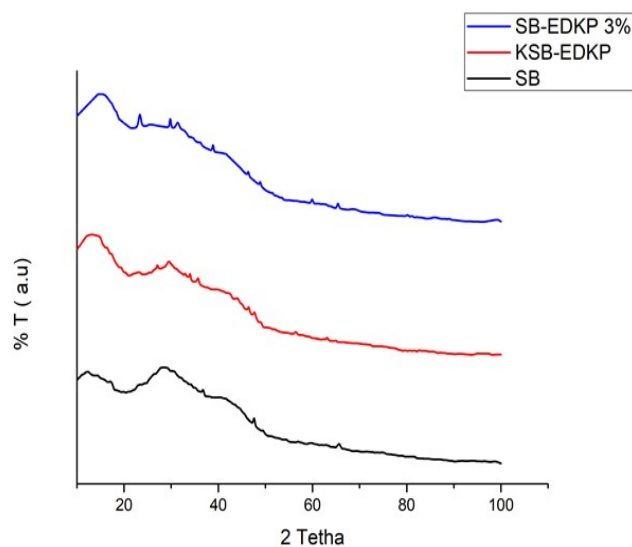
Sampel	Puncak (cm ⁻¹)			
	O-H	C-H	C-O-C	C-O
SB Murni	3340,63	2910,89	1640,78	1035,67
KSB-EDKP	3338,57	2901,04	1639,99	1038,97
KSB-EDKP AM . 3%	3338,93	2910,04	1640,81	1037,81

Berdasarkan data analisis gugus fungsi yang diperoleh, selulosa bakterial yang dikompositkan ataupun yang ditambah larutan tepung tapioka tidak menghasilkan gugus fungsi baru, tetapi hanya mengalami pergeseran gugus fungsi. Pergeseran

gugus fungsi ini disebabkan karena adanya penambahan EDKP dan juga penambahan crosslinker pada KSB-EDKP. Hal ini juga dapat dikatakan bahwa proses yang terjadi pada EDKP dan SB hanya absorpsi secara fisika.

J. Analisa Kristalinitas menggunakan XRD

Analisis XRD ini digunakan untuk menentukan derajat kristalinitas dari SB, KSB-EDKP dan KSB-EDKP larutan tepung tapioka 3%. Gambar 9. menunjukkan perbandingan pola pada SB, KSB-EDKP dan KSB-EDKP yang ditambah tepung tapioka 3%.



Gambar 9. Difraktogram XRD

Hasil difraktogram yang diperoleh dapat dikatakan bahwa selulosa yang dihasilkan merupakan selulosa I, karena puncak yang terletak di 2θ pada SB terletak pada 47° , puncak KSB-EDKP terletak pada 33° dan puncak KSB-EDKP larutan tepung tapioka terletak pada 23° . Menurut [20] bahwa puncak khas selulosa I yang terletak di 2θ yaitu pada 14° , 16° , 23° , dan 34° . Hal ini membuktikan bahwa NaOH 2% dapat memberhentikan aktifitas bakteri yang dapat mengubah selulosa I menjadi selulosa II. Selulosa I merupakan produk alami dan memiliki pola dejet kristalinitas yang berbeda dari selulosa II.

Tabel 2. dapat dilihat derajat kristalinitas SB sebesar 75,47% dan KSB-EDKP sebesar 94,42%. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh [14] bahwa KSB-EDKP memiliki persentase kristalin lebih tinggi dari SB. Persentase kristalin ini dapat dilihat juga persentase amorfnya yaitu untuk SB sebesar 24,53% dan KSB-EDKP sebesar 5,58%. Sedangkan KSB-EDKP yang ditambah tepung tapioka memiliki persentase lebih rendah dari SB dan KSB-EDKP yaitu sebesar 67,26% dan persentase amorf sebesar 32,74%. Faktor yang mempengaruhi % kristalinitas dan % amorf yang didapatkan tergantung juga terhadap pemilihan dan preparasi yang dilakukan karena kekokohan sampel akan mempengaruhi sifat fisika dan mekanik dan karakteristik pada sampel uji [21].

TABLE 2
PERSENTASE KRISTALIN SB, KSB-EDKP, DAN KSB-EDKPC
AMILUM 3%

Sampel	Intensitas tertinggi	Puncak 2θ	Height [cts]	Low [cts]	Kristalinitas (%)
SB	100	47.55	18.47	4.53	75,47 %
KSB-EDKP	100	33.98	13.81	0.77	94,42 %
KSB-EDKPC 3%	100	23.32	31.01	10.15	67,26 %

IV. KESIMPULAN

1. Penambahan crosslinker pada KSB-EDKP dapat menurunkan persentase kandungan air dari KSB-EDKP dari 97,63% menjadi 90,73 %.
2. Crosslinker yang dapat meningkatkan sifat mekanik KSB-EDKP yaitu tepung tapioka konsentrasi 3%.
3. Penambahan crosslinker ini tidak merubah struktur dari KSB-EDKP, tetapi hanya mempengaruhi letak gugus fungsi yang terdapat pada KSB-EDKP.

UCAPAN TERIMAKASIH

- Bapak Ananda Putra, S.Si, M.Si, Ph.D sebagai pembimbing I penelitian ini.
- Bapak Umar Kalmar Nizar S.Si., M.Si., Ph.D sebagai Pembimbing Akademik
- Bapak Budhi Oktavia, S.Si, M.Si, Ph.D sebagai Ketua Program Studi Kimia Jurusan Kimia FMIPA UNP.
- Ibuk Fitri Amelia. S.Si, M.Si, Ph.D sebagai ketua Jurusan Kimia FMIPA UNP.

REFERENSI

- [1] Pandey, Manisha, Muhammad Mustafa Abeer, and Mohd Cairul Iqbal Mohd Amin. 2014. "Dissolution Study of Bacterial Cellulose (Nata de Coco) from Local Food Industry: Solubility Behavior & Structural Changes." *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* 6 (6): 89–93.
- [2] Yan, Huiqiong, Xiuqiong Chen, Huangwang Song, Jiacheng Li, Yuhong Feng, Zaifeng Shi, Xianghui Wang, and Qiang Lin. 2017. "Synthesis of Bacterial Cellulose and Bacterial Cellulose Nanocrystals for Their Applications in the Stabilization of Olive Oil Pickering Emulsion." *Food Hydrocolloids* 72: 127–35.
- [3] Goh, W. N., A. Rosma, B. Kaur, A. Fazilah, A. A. Karim, and Rajeev Bhat. 2012. "Microstructure and Physical Properties of Microbial Cellulose Produced during Fermentation of Black Tea Broth (Kombucha). II." *International Food Research Journal* 19 (1): 153–58.
- [4] Brown, R. M., J. H.M. Willison, and C. L. Richardson. 1976. "Cellulose Biosynthesis in *Acetobacter Xylinum*: Visualization of the Site of Synthesis and Direct Measurement of the in Vivo Process." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 73 (12): 4565–69.
- [5] Ciechańska, Danuta. 2004. "Multifunctional Bacterial Cellulose/Chitosan Composite Materials for Medical Applications." *Fibres and Textiles in Eastern Europe* 12 (4): 69–72.
- [6] Putra, Ananda, Akira Kakugo, Hidemitsu Furukawa, Jian P. Gong, Yoshihito Osada, Tetsuya Uemura, and Masafumi Yamamoto. 2008. "Production of Bacterial Cellulose with Well Oriented Fibril on PDMS Substrate." *Polymer Journal* 40 (2): 137–42.

- [7] Hoenich, Nicholas. 2006. "Cellulose for Medical Applications: Past, Present and Future." *BioResources* 1 (2): 270–80.
- [8] Nakayama, Atsushi, Akira Kakugo, Jian Ping Gong, Yoshihito Osada, Mitsuo Takai, Tomoki Erata, and Shin Kawano. 2004. "High Mechanical Strength Double-Network Hydrogel with Bacterial Cellulose." *Advanced Functional Materials* 14 (11): 1124–28. <https://doi.org/10.1002/adfm.200305197>.
- [9] Sudarsono. 2012. "Kajian Sifat Mekanik Material Komposit Propeler Kincir Angin Standard Naca 4415 Modifikasi." *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi* 3 (November 2012): 379–87.
- [10] Maryanti, Budha, Ahmad Sonief, and Slamet Wahyudi. 2011. "Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Poliester Terhadap Kekuatan Tarik." *Rekayasa Mesin* 2 (2): 123–29.
- [11] Kang, J. J., H. W. Wang, T. Y. Liu, Y. C. Chen, and T. H. Ueng. 1997. "Modulation of Cytochrome P-450-Dependent Monooxygenases, Glutathione and Glutathione S-Transferase in Rat Liver by Geniposide from *Gardenia Jasminoides*." *Food and Chemical Toxicology* 35 (10–11): 957–61.
- [12] MIURA, T., NISHIYAMA, Y., ICHIMARU, M., MORIYASU, M., & KATO, A. (1996). Hypoglycemic activity and structure-activity relationship of iridoidal glycosides. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 19(1), 160-161.
- [13] Rahmayanti, E., & Sitanggang, M. (2006). Taklukkan Penyakit dengan Klorofil Alfafa. *AgroMedia*
- [14] Dewi Sartika, Silvia. 2016. "PREPARASI DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT SELULOSA BAKTERIAL-EKSTRAK DAUN KACA PIRING (*Gardenia augusta*) UNTUK APLIKASI BIOMEDIS". *Chemistry Journal of State University of Padang*. 22-28.
- [15] Wong, S. S., & Jameson, D. M. (2011). *Chemistry of protein and nucleic acid cross-linking and conjugation*. CRC Press.
- [16] Cimpia, N. 2019. Pengaruh Penambahan Crosslinker Terhadap Karakteristik Komposit Selulosa Bakterial-Ekstrak Lidah Buaya (*Aloe vera L.*) untuk Aplikasi Biomedis.
- [17] Anonym. 2012. Karakteristik, Perbedaan, Fisik Edible, Balai Penelitian, and Tanaman Kacang-kacangan. "Perbedaan Karakteristik Fisik." (1990): 131–36.
- [18] Yue, Y., Han, G., & Wu, Q. 2013. Transitional Properties of Cotton Fibers from Cellulose I to cellulose II Structure. *BioResources*, 8(4), 6460-6471.
- [19] Gayathry, G., and Gopaldaswamy, G. 2011. Production and Characterisation of Microbial Cellulosic Fibre from *Acetobacter xylinum*. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, Vol.39:93-96.
- [20] Islami, Fadillah. 2015. Pembuatan dan Karakteristik Selulosa bakteri dari Ekstrak Umbi Bengkuang (*Pachirizus Erosus Urban*). Padang: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas negeri Padang.
- [21] Weimer, P. J., Hackney, J. M., & French, A. D. (1995). Effects of chemical treatments and heating on the crystallinity of celluloses and their implications for evaluating the effect of crystallinity on cellulose biodegradation. *Biotechnology and Bioengineering*, 48(2), 169–178.